



TITLE:

ウィルソンシールの改良と寒剤容器簡易重量計の製作

AUTHOR(S):

多田, 康平

CITATION:

多田, 康平. ウィルソンシールの改良と寒剤容器簡易重量計の製作. 京都大学大学院工学研究科技術部報告集 2019, 16: 44-45

ISSUE DATE:

2019-06

URL:

<https://doi.org/10.14989/242876>

RIGHT:

ウィルソンシールの改良と寒剤容器簡易重量計の製作

多田 康平 A, B)

京都大学 大学院工学研究科 A)

京都大学 環境安全保健機構 低温物質管理部門 B)

E-mail: tada.kohei.6c@kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

大学等の研究機関において、液体ヘリウムや液体窒素といった極低温寒剤は、10–100 L 程度の容積をもつ可搬式の寒剤容器に充填されて研究室内で使用されることが多い。作業者の経験や技術が未熟な場合には、寒剤の漏洩や寒剤容器周辺の部品の損傷、寒剤使用量推定の不正確さなどの問題が生じる可能性がある。ここでは、未熟な者が作業にあたる場合や、十分な設備がない場合であっても、極低温寒剤および寒剤容器の取扱いが容易になることを意図して試みたウィルソンシールの改良と簡易重量計の製作について紹介する。

2. ウィルソンシールの改良 [1]

京都大学桂キャンパスで使用している液体ヘリウム容器には、容器上部のトランスファーチューブ挿入口にウィルソンシールを設置している。図 1 に典型的なウィルソンシールの分解断面図を示す。ウィルソンシールは、ヘリウム容器側に設けた雄ネジ部の内側に O リングと座金を装着し、上から袋ナット等の雌ネジ付きスリーブで締付けて使用される。座金の底部にはテーパが付けられており、このテーパで O リングを押し潰すことによりトランスファーチューブと挿入口の隙間がシールされることになる。

従来の座金では底部にテーパが付けられていて上下の区別があるものの、円筒形のために一見して上下が判りづらく、かつ上下逆向きでも雄ネジ部に装着できてしまう問題があった。座金の上下を誤って装着すると、O リングを傷めることになる。本学ではそのようなトラブルがときどき見受けられた。

そこで、座金の側面上部に横向きに突出した構造を持たせることを考えた。座金を上下逆向きにした時に突出部が雄ネジ部に干渉することで、上下を誤ることなく必然的に正しい向きで座金を装着できるようにするためである。切削加工性の良さと強度の高さから、ジュラルミンで改良型座金を製作した。

図 2 は改良型座金を雄ネジ部に上下正しい向きで装着したときの写真である。雄ネジ部の内径に比べて側面上部の突出部の直径が有意に大きいために、この座金を上下逆向きに装着することは不可能であることが見てとれる。そのため、ウィルソンシールの構造を十分理解していない作業者であっても、おのずと座金を正しい向きで装着することができると考えている。

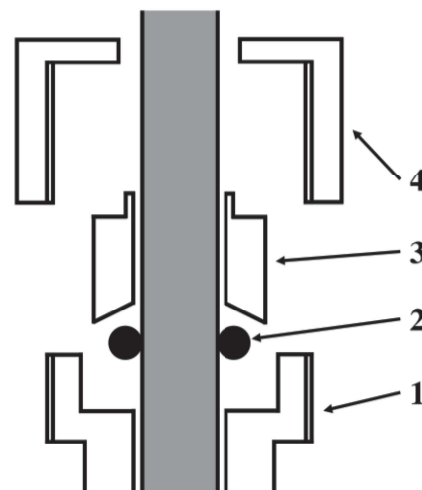


図 1. 典型的なウィルソンシールの分解断面図。1. 雄ネジ部。2. O リング。3. 座金。4. 雌ネジ付きスリーブ。



図 2. 改良型座金を装着したところ。

3. 簡易重量計の製作

極低温寒剤利用者にとって、容器内の液量推定は日常的に行われる作業である。寒剤容器上部から液体に直接アクセスする方法としては、気柱振動を用いる方法 [2, 3] や金属の超伝導転移を用いる方法 [4] などが広く用いられている。他方、液体に直接アクセスしない比較的簡便な方法としては、重量測定がよく用いられている。ここでは、重量測定の方法が研究室レベルでも容易かつ安価に利用できるかを検証するため、制振ゴムを利用した簡易重量計を設計・製作し、容器内の液量を精度よく推定できるかどうかを試みた。

簡易重量計のイメージと測定の原理を図3に示す。簡易重量計は、寒剤容器を乗せる板状の部分と、それに接続された L 字スケール部からなる。寒剤容器を乗せる板には裏面にゴムを張り付けておく。L 字スケール部の接地している側の腕の長さを L_1 、他方の腕の長さを L_2 とすれば、三角比を用いた簡単な計算から、荷重の変化によるゴムの鉛直方向の変位を水平方向に (L_2/L_1) 倍して観測できることが分かる。

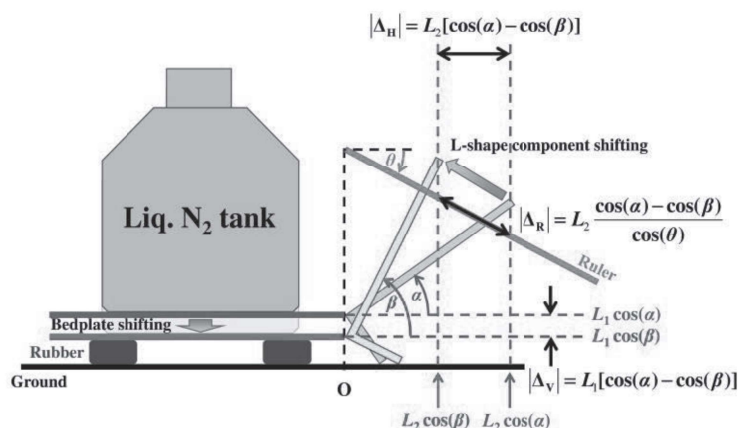


図3. 簡易重量計のイメージと測定の原理。

以下に述べる方法で簡易重量計を製作した。ゴムには市販の制振ゴム（内外ゴム、ハネナイト GP-35L）を使用した。この制振ゴムを、フックの法則に従うときの1本あたりのバネ定数を 22 N/mm とするように円柱状に切断した。こうして作成した円柱状のゴムを3本用意し、木板の底部に張り付けた。22 N/mm というバネ定数は、フックの法則を仮定すると、ゴム柱3本で重量物（寒剤容器）を支えたとき、その質量 1 kg に対しゴム柱が鉛直方向に 0.14 mm だけ縮むことに対応する。L 字スケール部は $L_1 = 4$ cm、 $L_2 = 40$ cm となるよう製作し、ゴムの鉛直方向の変位を水平方向に 10 倍に拡大できるようにした。すなわち、試作した簡易重量計では、L 字スケールによって測定される水平方向の変位は質量 1 kg に対して 1.4 mm と設計されている。

実際に 70 kg までのおもりを重量計に乗せ、重量計の性能評価を行った。使用したおもりの質量の範囲では、L 字スケールで観測された水平方向の変位がおもりの質量に比例し、その比例係数は 1.54 mm/kg であった。したがって、少なくともおもりの質量が 70 kg までの範囲では、制振ゴムはフックの法則によく従い、おおよそ設計どおりに重量物の質量が測定できることが確かめられた。重量測定の精度について、測定の標準偏差は 1.0 kg であった。したがって、液体窒素（密度およそ 0.8 kg/L）の場合には、1.2 L の不確かさで液量を推定できる。これは研究室レベルで寒剤容器内の液体窒素量を手軽に推定するには許容できる精度と考えられる。他方、液体ヘリウム（密度およそ 0.13 kg/L）の場合には、8 L の不確かさで液量を推定することとなり、十分な精度を得ることはできなかった。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科学研究費補助金 JP18H00556 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 多田康平、「ウィルソンシールへの誤装着を防ぐためのテーパリングの改良」、低温工学, **53**, 363 (2018).
- [2] H. Graffney and J. R. Clement, “Liquid Helium Level-Finder”, Rev. Sci. Instrum. **26**, 620 (1955).
- [3] 青井良文、上田祐樹、「熱音響自励振動を利用した液体窒素液面位置の測定」、低温工学, **43**, 556 (2008).
- [4] R. Ries and C. B. Satterthwaite, “Another Liquid Helium Level Indicator”, Rev. Sci. Instrum. **35**, 762 (1964).